



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 198 09 367 A 1**

(51) Int. Cl. 6:  
**B 23 K 15/00**  
B 23 K 26/00  
B 23 P 9/00  
B 24 C 1/10

(21) Aktenzeichen: 198 09 367.5  
(22) Anmeldetag: 5. 3. 98  
(43) Offenlegungstag: 9. 9. 99

- (71) Anmelder:  
Nagel Maschinen- und Werkzeugfabrik GmbH,  
72622 Nürtingen, DE
- (74) Vertreter:  
Patentanwälte Ruff, Beier und Partner, 70173  
Stuttgart
- (72) Erfinder:  
Nagel, Peter, 72622 Nürtingen, DE; Koch, Willi,  
Dipl.-Ing. (FH), 72622 Nürtingen, DE; Renz, Bernd,  
Dipl.-Ing. Dr., 71729 Erdmannhausen, DE

- (56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:
- |    |               |
|----|---------------|
| DE | 37 19 796 C2  |
| DE | 196 05 588 A1 |
| DE | 195 06 568 A1 |
| DE | 44 40 713 A1  |
| DE | 43 16 012 A1  |
| DE | 32 10 495 A1  |
| EP | 01 69 984 A2  |
- RÖHRLE, Manfred D.: Mit dem Laser den  
Ölverbrauch  
senken. In: Technica 22/97, S.19;  
KAHLERT, H.-J.: Materialabtragung und  
Oberflächen-  
modifikation mit Excimerlasern. In: Technica  
18/1988, S.57-60;  
DOLVES, Jürgen: Electron beam texturing of rolls.  
In: Iron and Steel Engineer, Aug. 1991, S.33-38;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- (54) Verfahren und Vorrichtung zur Feinbearbeitung von Kolbenlaufbahnen
- (57) Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Feinbearbeitung von Kolbenlaufbahnen schlägt vor, Vertiefungen, die zur Aufnahme von Öl während des Betriebes der Maschine bestimmt sind, in der Oberfläche der Kolbenlaufbahnen in einem unregelmäßig verteilten Muster anzubringen.

## Beschreibung

Kolbenlaufbahnen, insbesondere solche für Verbrennungsmotoren, werden üblicherweise zur Erzielung einer bestimmten Oberflächenqualität gehont. Es ist auch schon bekannt, zusätzlich zu dem Honen eine Strahlbearbeitung durchzuführen, beispielsweise mit Laserstrahlen. Mit diesen Laserstrahlen sollen entweder Verschuppungen geöffnet oder auch Vertiefungen geschaffen werden. Es ist bekannt, mit Hilfe von solchen Strahlbearbeitungen diskrete Vertiefungen anzurufen. Dabei wird aber in allen Fällen darauf geachtet, daß diese Vertiefungen in einem regelmäßigen Muster angeordnet werden, das beispielsweise den gleichen oder einen ähnlichen Überschneidungswinkel wie die normale Honbearbeitung aufweist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Feinbearbeitung von Kolbenlaufbahnen zu schaffen, mit denen sich verbesserte Arbeitsergebnisse erzielen lassen.

Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 21 vor. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche, deren Wortlaut ebenso wie der Wortlaut der Zusammenfassung durch Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht wird.

Es hat sich gezeigt, daß durch eine künstliche Vermehrung der natürlich vorhandenen, unregelmäßig angeordneten Vertiefungen in der Werkstückoberfläche (Gußporen), die als Ölhaltevolumina dienen, hervorragende tribologische Eigenschaften erzielt werden. Die Vermehrung der unregelmäßig angeordneten Oberflächen-Vertiefungen erfolgt mittels einer erfundsgemäß gesteuerten Strahlwerkzeugs.

Die diskreten Vertiefungen entstehen dadurch, daß der Strahl diskontinuierlich betrieben wird. Darunter soll jede Art des Betriebs des Strahls verstanden werden, die zu den diskreten Vertiefungen führt. Beispielsweise kann der Strahl so betrieben werden, daß er an einer bestimmten Stelle verharrt, bis die Vertiefung entstanden ist, und anschließend mit größerer Geschwindigkeit, beispielsweise ruckartig, zu einer nächsten Stelle bewegt wird, wo er dann wieder verharrt.

Eine andere Art des diskontinuierlichen Betriebs kann darin bestehen, daß er in seiner Wirkung ein- und ausgeschaltet wird, also beispielsweise in seiner Intensität moduliert wird.

Eine weitere Art des Betriebs des Strahls kann darin bestehen, daß er tatsächlich ein- und ausgeschaltet wird, beispielsweise bei einem Laserstrahl.

Erfundsgemäß kann in Weiterbildung vorgesehen sein, daß der Strahl so kurz eingeschaltet wird, daß die von ihm hergestellten Vertiefungen klein sind gegenüber den Abständen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Vertiefungen.

Zur Herstellung der unregelmäßigen Anordnung der Vertiefungen kann vorgesehen werden, daß der Strahl in unregelmäßigen Abständen eingeschaltet wird. Dies kann beispielsweise dadurch bewirkt werden, daß der Einschaltzeitpunkt für den Strahl durch einen Zufallsgenerator bestimmt wird. Solche Zufallsgeneratoren sind zu diesem Zweck verwendbar.

Eine weitere Möglichkeit, die Vertiefungen unregelmäßig anzurufen, besteht darin, daß der Strahl unregelmäßig abgelenkt wird, das heißt beispielsweise unregelmäßig weit gegenüber einer Normalposition. In diesem Fall kann erfundsgemäß auch vorgesehen sein, daß der Strahl regelmäßig eingeschaltet wird. Die unregelmäßige Auslenkung des Strahles kann ebenfalls mit Hilfe eines Zufallszahlengenerators gesteuert werden.

In Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die Ablenkeinrichtung mindestens teilweise rotiert, insbesondere um die Achse der zu bearbeitenden Bohrung. Durch das Rotieren eines Teils der Ablenkeinrichtung kann eine Auslenkung des Strahles erfolgen, so daß der Strahl über den gesamten Bereich der zu bearbeitenden Oberfläche geführt werden kann. Dadurch wird es auch möglich, dafür zu sorgen, daß die Vertiefungen zwar unregelmäßig, aber dennoch über der gesamten Oberfläche vorhanden sind.

10 Ebenfalls möglich ist es, daß die Ablenkeinrichtung ein Element aufweist, das aus einer Normalstellung unregelmäßig weit ausgelenkt wird.

Eine weitere Möglichkeit kann darin bestehen, daß die Ablenkeinrichtung mindestens teilweise in unregelmäßigen 15 Abständen ausgelenkt wird.

Erfundsgemäß kann vorgesehen werden, daß der Strahl durch ein rotierendes Prisma abgelenkt wird. Dieses Prisma kann beispielsweise um die Achse der zu bearbeitenden Bohrung rotieren, insbesondere schnell gegenüber einer 20 sonstigen Bewegung eines für die Bearbeitung verwendeten Werkzeugs.

Eine weitere Möglichkeit zum Ablenken des Strahles kann darin bestehen, daß der Strahl durch einen um mindestens eine Achse oszillierenden Spiegel abgelenkt wird.

25 In Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß es sich bei dem Strahl um einen Wasserstrahl handelt, der mit hohem Druck gegen die zu bearbeitende Oberfläche gespritzt wird, insbesondere unter einem schrägen Winkel gegenüber der Oberfläche. Es ist bekannt, daß man mit Hochdruckwasserstrahlen Materialien schneiden kann. Hier wird der Versuch gemacht, mit solchen Hochdruckwasserstrahlen diskrete Vertiefungen herzustellen.

Insbesondere kann dabei vorgesehen werden, dem Wasserstrahl ein abrasives Mittel zuzusetzen, das eine Verstärkung der Wirkung des Wasserstrahls um Größenordnungen bewirkt. Es kann vorgesehen werden, das abrasive Mittel diskontinuierlich zuzusetzen, beispielsweise auch in unregelmäßigen Abständen. Da der Wasserstrahl ohne Abrasivstoff bei Metall kaum eine abtragende Wirkung hat, kommt 40 die Steuerung der Abrasivstoffzufuhr einer Steuerung der Abtragswirkung gleich. Dadurch wird es möglich, den Wasserstrahl selbst kontinuierlich zu betreiben.

Die von der Erfindung vorgeschlagene Vorrichtung enthält eine Steuerung, die dafür sorgt, daß der Strahl die Vertiefungen in einem unregelmäßigen Muster erzeugt. Die Steuerung kann entweder auf den Strahl oder auf die Ablenkeinrichtung einwirken, ggf. auch auf den Hubantrieb für das Werkzeug. Natürlich kann die Steuerung auch auf den Strahl und die Ablenkeinrichtung einwirken, um den Grad 50 der Unregelmäßigkeit noch zu steigern.

Die Vorrichtung kann in Weiterbildung der Erfindung einen Drehantrieb für das Werkzeug aufweisen.

Erfundsgemäß kann die Ablenkeinrichtung einen Spiegel und/oder ein Prisma aufweisen, um den Strahl auf 55 die zu bearbeitende Oberfläche zu richten.

Die Vorrichtung kann ebenfalls einen Drehantrieb für den Spiegel und/oder für das Prisma oder auch einen Schwenkantrieb für den Spiegel und/oder das Prisma aufweisen.

In Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, 60 daß die Steuerung den Spiegel unregelmäßig weit auslenkt.

Die Steuerung kann ebenfalls derart ausgebildet sein, daß sie den Strahl zu unregelmäßig verteilten Zeitpunkten einschaltet.

Der von der Erfindung verwendete Strahl kann insbesondere ein Laserstrahl sein. Es ist jedoch auch möglich, daß mit Hilfe eines scharfen Wasserstrahls gearbeitet wird, der auch pulsierend betrieben werden kann.

Der Laserstrahl kann insbesondere über einen Lichtleiter

zu der Vorrichtung geleitet werden.

Die Steuerung kann einen Zufallszahlengenerator enthalten, um die Unregelmäßigkeit der Vertiefungen zu gewährleisten.

Das Werkzeug kann in Weiterbildung der Erfindung etwa als Rohr ausgebildet sein und in seinem Endbereich ein seitliches Fenster aufweisen, durch das der Laserstrahl auf die Oberfläche gerichtet wird. Dieses Fenster kann aus Gründen des Schutzes mit einem Material verschlossen sein, das den Lichtstrahl durchläßt.

Erfindungsgemäß kann ebenfalls vorgesehen sein, daß die Vorrichtung eine Düse zur Abgabe eines Wasserstrahls aufweist. Die Düse kann dabei vorzugsweise so orientiert werden, daß der Wasserstrahl schräg zur Oberfläche auftrifft.

Erfindungsgemäß kann in Weiterbildung vorgesehen werden, daß die Vorrichtung eine Einrichtung zum Zusetzen eines Abrasivmittels zu dem Wasserstrahl aufweist. Hierbei kann es sich beispielsweise um Schneidkörner o. dgl. handeln, die die Wirkung des Strahls verstärken.

Um zu erreichen, daß die Vertiefungen an unregelmäßig verteilten Stellen angeordnet sind, kann vorgesehen sein, daß die Steuerung das Werkzeug unregelmäßig schnell bewegt. Dann kann auch mit einem diskontinuierlich aber regelmäßigt arbeitenden Strahl ein ungleichmäßig verteilt Muster von Vertiefungen erreicht werden.

Es ist aber ebenfalls möglich, daß die Steuerung derart ausgebildet ist, daß das abrasive Mittel zu unregelmäßig verteilten Zeitpunkten in den Wasserstrahl gelangt, der seitenseits kontinuierlich betrieben werden kann.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sowie anhand der Zeichnung. Hierbei zeigen:

**Fig. 1** einen Längsschnitt durch eine Vorrichtung nach der Erfindung entsprechend einem ersten Ausführungsbeispiel;

**Fig. 2** einen der **Fig. 1** entsprechenden Schnitt bei einer zweiten Ausführungsform;

**Fig. 3** schematisch einen Schnitt durch eine weitere Ausführungsform.

Die von der Erfindung vorgeschlagene Vorrichtung wird in den Figuren nur schematisch dargestellt. Die Vorrichtung enthält einen Hubantrieb, der nicht dargestellt ist, da er im Stand der Technik bekannt ist. Der Hubantrieb wirkt auf eine Halterung 1 des Werkzeugs 2 ein und bewegt diese Halterung zusammen mit dem Werkzeug 2 in axialer Richtung der Bohrung 3 des Werkstücks 4, deren Oberfläche bearbeitet werden soll.

Das Werkzeug 2 enthält einen Schaft 5, der im Bereich seines in der **Fig. 1** oberen Endes innerhalb der Halterung mit einem Zahnräder 6 versehen ist. Der Schaft 5 ist mit Hilfe von Kugellagern 7 in der Halterung 1 drehbar gelagert. Das Zahnräder 6 läßt sich zusammen mit dem Schaft 5 durch einen Zahnräder in Drehantrieb versetzen. Dadurch rotiert das gesamte Werkzeug 2 um die Drehachse der Vorrichtung, die mit der Zylinderachse der Bohrung 3 zusammenfällt.

Der Schaft 5 des Werkzeugs 2 enthält von dem der Halterung 1 zugeordneten Ende ausgehend eine Axialbohrung 8, die sich bis kurz vor das freie Ende des Schafes 5 erstreckt. Dort ist am Ende der Axialbohrung 8 eine Spiegelfläche 9 angeordnet, die schräg gegenüber der Längssachse des Werkzeugs 2 verläuft. Seitlich an dem Schaft 5 ist in einem Gehäuse 10 ein Spiegel 11 befestigt, der um eine Achse 12 verschwenkt werden kann. Die Achse 12 ist in dem Werkzeug 2 festgelegt. Bei Drehung des Werkzeugs wird sie ebenfalls mit um die Längssachse des Werkzeugs bewegt.

Das zum Eingreifen in die Bohrung 3 bestimmte Ende des Werkzeugs 2 enthält mehrere Führungsleisten 13, mit denen sich das Werkzeug 2 in der Bohrung 3 abstützt. Seitlich ist

eine Öffnung 14 vorhanden, die durch ein Fenster 15 aus lichtdurchlässigem Material abgeschlossen ist. Von dem freien Ende her ist in den Werkzeugschaft 5 ein Stopfen 16 eingesetzt, dessen in das Werkzeug hinein gerichtete Endfläche als Spiegel 17 ausgebildet ist.

In die axiale Bohrung 8 wird von der Halterung 1 aus ein Laserstrahl eingeleitet, der über einen Lichtleiter 18 der Vorrichtung zugeführt wird. Der Laserstrahl tritt aus dem Lichtleiter 18 aus und wird durch eine Kollimatorlinse 19 aufgeweitet.

Er trifft am Ende der Axialbohrung 8 auf die Spiegelfläche 9, von wo aus er auf den Spiegel 11 abgelenkt wird. Von dem Spiegel 11 wird der Laserstrahl auf eine zweite Linse 20 gerichtet, die ihn auf der Spiegelfläche 17 auftreffen läßt und ihn auf der Oberfläche der Bohrung 3 fokussiert.

Mit der Welle 12 des Spiegels 11 ist ein Antrieb verbunden, der den Spiegel 11 mit geringen Ausschlägen um die Welle 12 verschwenken kann. Dieser Antrieb ist mit einer Steuerung verbunden, die den Ausschlag des Spiegels 11 bestimmt. Die Steuerung enthält einen Zufallszahlengenerator, der dafür sorgt, daß der Spiegel 11 entweder zu unregelmäßigen Zeitpunkten aus der Normalstellung verschwenkt wird, oder aber zu regelmäßigen Zeitpunkten unterschiedlich weit, oder aber beides.

Der durch den Lichtleiter 18 herangeführte Laserstrahl wird in unregelmäßigen oder regelmäßigen Zeitpunkten eingeschaltet und anschließend sofort wieder ausgeschaltet. Bei der Verdrehung des Werkzeugs 2 in Richtung des Pfeiles 21 wird dadurch der Laserstrahl in einem Punktmuster auf der Oberfläche auftreffen, wobei die Auftreffpunkte ungleichmäßig oder willkürlich verteilt sind. Der Laserstrahl erzeugt beim Auftreffen auf der Oberfläche eine Vertiefung, die zur Aufnahme von Öl bestimmt ist.

**Fig. 2** zeigt eine zweite Ausführungsform, bei der das Werkzeug 2 unterschiedlich ausgebildet ist. Wiederum ist eine Halterung 1 vorhanden, die von der Vorrichtung mit einem Hubantrieb in die zu bearbeitende Bohrung 4 des Werkstücks hinein bewegt werden kann. Das der Bohrung 3 zugeordnete Ende des Werkzeugs 2 ist in ähnlicher Weise aufgebaut wie bei der Ausführungsform nach **Fig. 1**, so daß Einzelheiten nicht mehr wiederholt werden.

Der Schaft 5 des Werkzeugs 2 wird über ein Zahnräder 6 in Drehung versetzt. Der Schaft 5 enthält eine durchgehende Axialbohrung 8, in der vom oberen der Halterung 1 zugeordneten Ende her ein weiteres rohrförmiges Element 22 eingesetzt ist. Dieses rohrförmige Element 22 ragt aus dem Schaft 5 über dessen Antriebszahnräder 23 hinaus und ist dort ebenfalls mit einem Antriebszahnräder 23 versehen. An dem in den Schaft hinein gerichteten Ende ist das rohrförmige Element 22 mit einem Keilprisma 24 versehen, das mit geringem Abstand vor einer in dem Schaft 5 angeordneten Linse 25 liegt. Das rohrförmige Element 22 ist im Bereich seiner beiden Enden mit Nadellagern 26 gelagert. Das rohrförmige Element 22 wird mit einer Umdrehungsgeschwindigkeit angetrieben, die größer ist als die Drehgeschwindigkeit des Werkzeugs 2.

Der über den Lichtleiter 18 zugeführte und durch die Kollimatorlinse 19 aufgeweitete Laserstrahl trifft auf das Prisma 24, das ihn seitlich etwas ablenkt. Diese seitliche Ablenkung des Laserstrahls führt zu einer Auslenkung des Laserstrahls gegenüber der Mitte der Spiegelfläche 17 und somit zu einer Auslenkung des Laserstrahls auf der Oberfläche 3 des Werkstücks. Durch das schnelle Rotieren des Prismas 24 wird der Laserstrahl also an der Oberfläche 3 nach oben oder unten ausgelenkt. In der Ausführungsform nach **Fig. 2** wird der Laserstrahl in unregelmäßigen Zeitpunkten eingeschaltet, um auf diese Weise die Vertiefungen in einem unregelmäßigen Muster auf der Oberfläche 3 des Werk-

stück zu erzeugen.

Mit Hilfe beider Vorrichtungen werden auf der Oberfläche der Bohrung 3, bei der es sich um eine Zylinderbohrung handelt, Vertiefungen an zufällig verteilten Stellen erzeugt. Diese Vertiefungen sind zur Aufnahme von Öl bestimmt, wenn in der Bohrung 3 Kolben bewegt werden. Im Gegensatz zum Stand der Technik sind die Vertiefungen also unregelmäßig verteilt, während der Stand der Technik nur regelmäßige verteilte Vertiefungen kennt.

Fig. 3 zeigt stark vereinfacht eine weitere Möglichkeit, wie diskrete Vertiefungen in der Oberfläche einer Bohrung 3 eines Werkstücks angebracht werden können. Das Werkstück 30 bei dieser Ausführungsform ist ähnlich wie bei den bisherigen Ausführungsformen mit Hilfe eines nicht dargestellten Antriebs in Richtung des Doppelpfeils axial bewegbar und in Richtung des Pfeils 21 verdrehbar.

Das Werkzeug 30 enthält im Bereich seines unteren Endes 31 eine etwa radial verlaufende Düse 32, die um etwa 15° gegenüber einem tatsächlich radialen Verlauf abweicht.

In dem Werkzeug ist in Verlängerung der Düse 32 eine Mischkammer 33 ausgebildet, die auf ihrer der Düse 32 abgewandten Seite durch einen Stopfen 34 begrenzt ist. In dem Stopfen 34 ist eine weitere Kammer 35 ausgebildet, die über eine radiale Bohrung 36 mit einem in Axialrichtung verlaufenden Kanal 37 in Verbindung steht. Die Kammer 35 ist durch einen Deckel 38 nach außen abgeschlossen. Durch den Kanal 37 gelangt unter Hochdruck stehendes Wasser in die Kammer 35 und von dort durch eine Öffnung 39 in die Mischkammer 33. Aus der Mischkammer 33 gelangt das unter Hochdruck stehende Wasser durch die Düse 32 und wird von dort mit hohem Druck gegen die Oberfläche der Bohrung 3 gespritzt.

Die Mischkammer 33 steht über einen weiteren axialen Kanal 40 mit einer Leitung 41 in Verbindung, die über ein Ventil 42 mit einer Einrichtung zum Zuführen von Abrasivmaterial verbunden ist. Das Ventil 42 kann gesteuert geöffnet und geschlossen werden.

Dem vorzugsweise kontinuierlich betriebenen Hochdruckwasserstrahl, der aus der Düse 32 gegen die zu bearbeitende Oberfläche gespritzt wird, wird diskontinuierlich das Abrasivmaterial über die Leitung 41 zugeführt. Das abrasive Material verstärkt die Wirkung des Wasserstrahls so, daß nur dann, wenn abrasives Material vorhanden ist, Vertiefungen gebildet werden. Die Unregelmäßigkeit kann entweder durch ein unregelmäßiges Öffnen und Schließen des Ventils 42 oder durch eine unregelmäßige Bewegung des Werkzeugs 30 in einer der beiden Bewegungsrichtungen erreicht werden, gegebenenfalls auch durch eine Überlagerung von unregelmäßigen Vorgängen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Feinbearbeitung der Oberflächen von Kolbenlaufbahnen, bei dem

- 1.1 ein Strahl zur Strahlbearbeitung der Oberfläche diskontinuierlich betrieben wird,
- 1.2 mit dem Strahl einzelne Vertiefungen in der Oberfläche gebildet werden, und
- 1.3 die Vertiefungen an unregelmäßig verteilten Stellen angeordnet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Strahl in der Weise diskontinuierlich betrieben wird, daß er in seiner Wirkung ein- und ausgeschaltet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Strahl in der Weise diskontinuierlich betrieben wird, daß er ein- und ausgeschaltet wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Strahl mit Hilfe einer Umlenkungsein-

richtung bzw. einer Ablenkeinrichtung auf die zu bearbeitende Oberfläche geleitet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Strahl so kurz eingeschaltet wird, daß die von ihm hergestellten Vertiefungen klein sind gegenüber den Abständen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Vertiefungen.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Strahl in unregelmäßigen Abständen eingeschaltet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Einschaltzeitpunkt durch einen Zufallszahlengenerator bestimmt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Strahl unregelmäßig abgelenkt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Strahl regelmäßig eingeschaltet wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Ablenkeinrichtung mindestens teilweise rotiert, insbesondere um die Achse der Bohrung (3).

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Ablenkeinrichtung aus einer Normalstellung unregelmäßig weit ausgelenkt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Ablenkeinrichtung aus einer Normalstellung in unregelmäßigen Abständen ausgelenkt wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Strahl ein Laserstrahl ist.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Strahl durch ein rotierendes Prisma (24) abgelenkt wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Strahl durch einen um eine Achse (12) oszillierenden Spiegel (11) abgelenkt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem der Strahl ein Wasserstrahl ist.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem dem Wasserstrahl ein abrasives Mittel zugesetzt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem das abrasive Mittel diskontinuierlich zugesetzt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem das abrasive Mittel in unregelmäßigen Abständen zugesetzt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, bei dem der Wasserstrahl kontinuierlich betrieben wird.

21. Vorrichtung zur Feinbearbeitung der Oberflächen von Kolbenlaufbahnen, mit

21.1 einem Werkzeug (2),

21.2 einem Hubantrieb für das Werkzeug (2),

21.3 einer Strahlenquelle, die

21.3.1 einen in seiner Wirkung gepulsten Strahl erzeugt,

21.4 einer Ablenkeinrichtung für den Strahl, die 21.4.1 den Strahl auf die zu bearbeitende Oberfläche richtet, sowie mit

21.5 einer Steuerung, die derart ausgebildet ist, daß der Strahl die zu bearbeitende Oberfläche an unregelmäßig verteilten Stellen trifft.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, mit einem Drehantrieb für das Werkzeug (2).

23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, bei der die Strahlenquelle einen Laser zur Abgabe eines Laserstrahls aufweist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, bei der die Ablenkeinrichtung einen Spiegel (11) und/oder ein Prisma (24) aufweist.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, mit einem Drehan-

- trieb für den Spiegel (11) und/oder das Prisma (24).  
26. Vorrichtung nach Anspruch 24 oder 25, mit einem Schwenkantrieb für den Spiegel (11) und/oder das Prisma (24).  
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 26, bei der die Steuerung den Spiegel (11) unregelmäßig weit und/-oder zu unterschiedlich verteilten Zeitpunkten auslenkt.  
28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 27, bei der die Steuerung den Strahl zu unterschiedlich verteilten Zeitpunkten einschaltet.  
29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 28, bei der der Laserstrahl über einen Lichtleiter (18) zu der Vorrichtung gelangt.  
30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 29, bei der die Steuerung einen Zufallszahlengenerator enthält.  
31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 30, bei der das Werkzeug (2) etwa rohrförmig ausgebildet ist und in seinem Endbereich ein seitliches Fenster (15) aufweist, das vorzugsweise durch ein lichtdurchlässiges Material abgedeckt ist.  
32. Vorrichtung nach Anspruch 21, 22, 28 oder 30, mit einer Düse (32) zur Abgabe eines Wasserstrahls.  
33. Vorrichtung nach Anspruch 32, mit einer Einrichtung zum Zusetzen eines Abrasivmittels zu dem Wasserstrahl.  
34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 33, bei der die Steuerung das Werkzeug (1, 30) unregelmäßig schnell bewegt.  
35. Vorrichtung nach Anspruch 33 oder 34, bei der die Steuerung derart ausgebildet ist, daß das abrasive Mittel zu unregelmäßig verteilten Zeitpunkten in den Wasserstrahl gelangt.

30

35

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

40

45

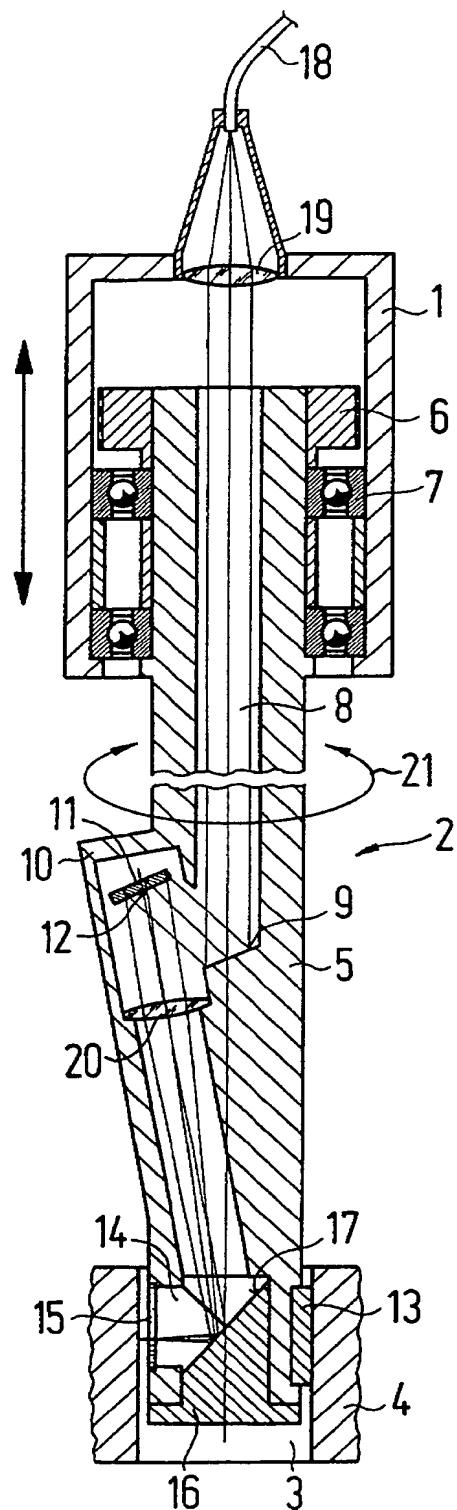
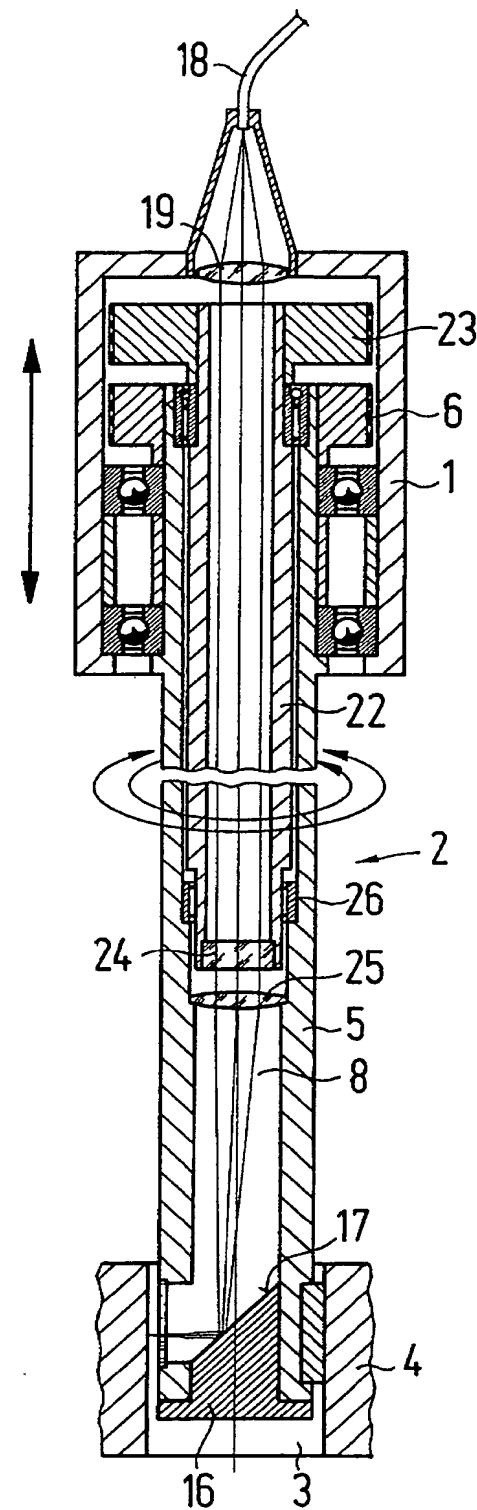
50

55

60

65

**- Leerseite -**

***Fig. 1******Fig. 2***

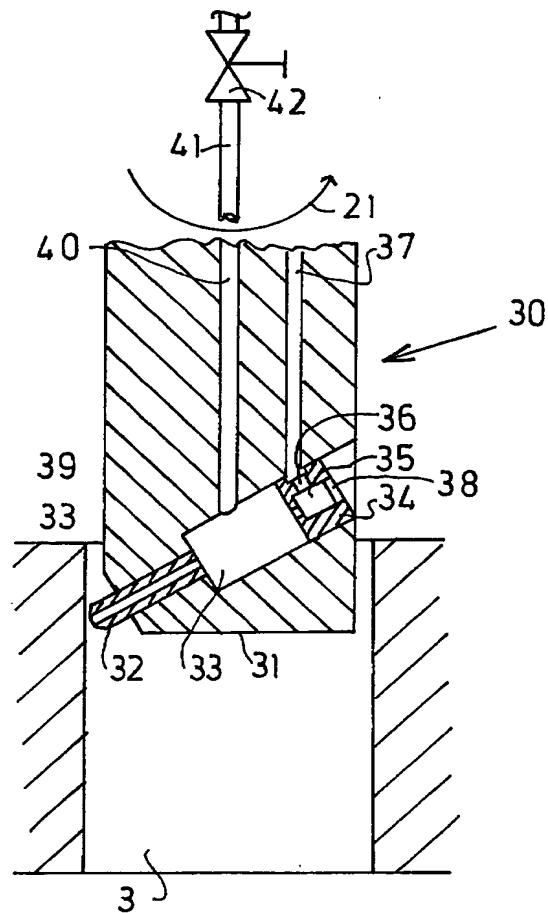


FIG. 3